

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-202156

(43)Date of publication of application : 27.07.2001

(51)Int.Cl.

G06F 1/14  
G06F 13/00

(21)Application number : 2000-012691

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 21.01.2000

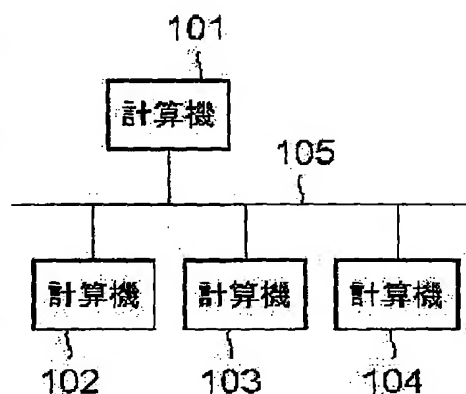
(72)Inventor : MIHASHI MASASHI

## (54) TIME SYNCHRONIZER

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize a system to suppress a synchronization error to be caused during time synchronization processing due to a load of a communication route to be connected among computers when time of a built-in clock of each computer is synchronized among a plurality of computers.

**SOLUTION:** Time information with a little delay time due to the communication route in the time synchronization processing is acquired by transmitting a supplementary time synchronization packet to a computer 101 to offer standard time by a computer 102 to be synchronized, corrected time of the computer 102 to the computer 101 is calculated, based on the time information and the time of the computer 101 is corrected. Furthermore, delay time calculated in the past time synchronization processing is stored and the corrected time is calculated, based on the time information.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-202156

(P2001-202156A)

(43) 公開日 平成13年7月27日 (2001.7.27)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト (参考)
G 0 6 F 1/14		G 0 6 F 13/00	3 5 1 C 5 B 0 8 9
13/00	3 5 1	1/04	3 5 1 B

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-12691(P2000-12691)

(22) 出願日 平成12年1月21日 (2000.1.21)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 三橋 正史

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100102439

弁理士 宮田 金雄 (外1名)

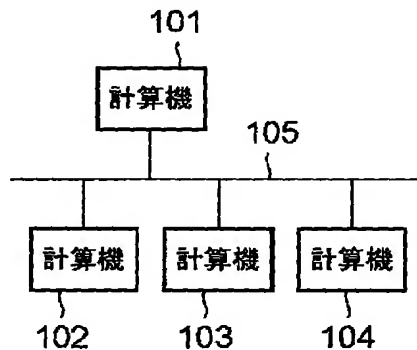
Fターム(参考) 5B089 GA01 HA06 JB01 JB11 KB11

(54) 【発明の名称】 時刻同期装置

(57) 【要約】

【課題】 複数の計算機間で各計算機が内蔵する時計の時刻を同期させる場合に、計算機間を接続する通信経路の負荷によって時刻同期処理中に発生する同期誤差を抑制する方式を実現する。

【解決手段】 基準時刻を提供する計算機101に対して、同期すべき計算機102が補助的な時刻同期パケットを送信することにより、時刻同期処理における通信経路による遅延時間が少ない時刻情報を入手し、この時刻情報を元に計算機102の計算機101に対する時刻補正時間を算出し、計算機101の時刻を修正する。さらに過去の時刻同期処理において算出した遅延時間を保存しておき、この時刻情報を元に時刻補正時間を算出する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 複数の計算機と、前記各計算機に内蔵された時計と、前記計算機間を相互に接続する通信経路とを備えた計算機システムにおいて、前記時計の時刻を同期させる時刻同期処理において、基準時刻を保持している計算機に対して同期すべき計算機が補助的な時刻情報を送信する手段を備えたことを特徴とする時刻同期装置。

【請求項2】 複数の計算機と、前記各計算機に内蔵された時計と、前記計算機間を相互に接続する通信経路とを備えた計算機システムにおいて、前記各計算機が内蔵する前記時計の時刻を同期させる時刻同期処理において、前記同期すべき計算機が基準時刻を保持した計算機に対する時刻同期処理を一定時間毎に行う手段と、同期すべき計算機が基準時刻を保持した計算機に対する過去の時刻同期処理の中で前記通信経路の負荷によって発生する時刻誤差が少なかった時刻同期処理において使用した時刻情報を保存する手段と、前記基準時計を保持した計算機が時刻同期要求を受け付けた時刻を前記同期すべき計算機が補正する手段とを備えたことを特徴とする時刻同期装置。

【請求項3】 複数の計算機と、前記各計算機に内蔵された時計と、前記計算機間を相互に接続する通信経路とを備えた計算機システムにおいて、前記各計算機が内蔵する前記時計の時刻を同期させる時刻同期処理において、基準時刻を保持している計算機が同期すべき計算機に対して補助的な時刻情報を送信する手段を備えたことを特徴とする時刻同期装置。

【請求項4】 複数の計算機と、前記各計算機に内蔵された時計と、前記計算機間を相互に接続する通信経路とを備えた計算機システムにおいて、前記各計算機が内蔵する前記時計の時刻が基準時刻を提供する計算機の時刻に同期している状況で、基準時刻を提供する計算機の基準時刻を変更になった場合に、基準時刻と保持した前記計算機が同期すべき計算機に新しい時刻を通知する手段と、新しい時刻を受信した同期すべき計算機が過去の同期処理において算出した通信経路の遅延時間を参考にして自計算機における新しい時刻に対する時刻補正時間を算出する手段とを備えたことを特徴とする時刻同期装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】 この発明は、通信経路を介して相互に接続された複数の計算機に搭載されている時計を同期させるための時刻同期装置に関する。

**【0002】**

【従来の技術】 図8は“Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis (RFC1119)” March 1992の25ページに記載されている従来の時刻同期方式の手順を時系列に説明した図であ

る。図1は、図8の時刻同期処理を行う計算機システムの構成を示した図である。101は基準となる時刻を保持している計算機、102、103及び104は計算機101の基準時刻に同期しようとする計算機、105は各計算機101、102、103、104を相互に接続する通信経路である。図8は、計算機102、103、104が基準時刻を保持した計算機101に対する時刻同期処理の一例を示したもので、この図では計算機102が計算機101に対して繰り返し実施する時刻同期処理のうち第*i*回目の時刻同期手順を時系列に示したものである。

【0003】 計算機102は、一定時間間隔毎に時刻同期処理を繰り返す。図中の $T(i-3)$ は、計算機102が計算機101から時刻情報を入手するために時刻要求パケットを計算機101に送信した計算機102上での時刻、 $T(i-2)$ は、計算機101が計算機102からの時刻要求パケットを受信した計算機101上の時刻、 $T(i-1)$ は、計算機101が自計算機で保持している基準時刻を格納した時刻通知パケットを計算機102に対して送信した計算機101上の時刻、 $T(i)$ は、計算機102が計算機101からの時刻通知パケットを受信した計算機102上の時刻を示している。

【0004】 図9は、前記参考資料の50ページに記載されている時刻同期処理において計算機101と計算機102の間を行き交う時刻同期パケットのデータ構造の一部を示したものである。前記時刻要求パケット及び前記時刻通知パケットとも、この時刻同期パケットと同じ構造を採用している。パケット内部にある前回の時刻同期処理時刻には前回の時刻同期処理が行われた計算機102上での時刻、時刻要求パケット送信時刻には図8上の時刻 $T(i-3)$ 、時刻要求パケット受信時刻には図8上の時刻 $T(i-2)$ 、時刻通知パケット送信時刻には図8上の時刻 $T(i-1)$ がそれぞれ格納される。

【0005】 次に図8に沿って、計算機102の内蔵する時計を計算機101が保持する基準時計に同期する手順を示す。まず計算機102は、前回の時刻同期処理を行った時刻と時刻要求パケットを送信する時刻 $T(i-3)$ を格納した時刻要求パケットを、図8の時刻 $T(i-3)$ に計算機101に対して送信する。計算機101は計算機102からの時刻要求を時刻 $T(i-2)$ に受信すると、現在計算機101が使用している基準時計を用いて、時刻要求受信時刻 $T(i-2)$ と時刻通知送信時刻 $T(i-1)$ を時刻通知パケットに格納して、時刻 $T(i-1)$ に計算機102に対してその時刻通知パケットを送信する。

【0006】 計算機102は時刻 $T(i)$ に計算機101からの時刻通知パケットを受信すると、計算機102が時刻要求パケットを送信した時刻 $T(i-3)$ 及び時刻通知パケットを受信した時刻 $T(i)$ と、受信した時刻通知パケットに格納されている計算機101上での時

刻 $T(i-2)$ 及び時刻 $T(i-1)$ から式(1)を用いて計算機102の計算機101に同期させるための時刻補正時間を算出する。

【0007】

【数1】

$$offset = \frac{(T(i-2) - T(i-3)) + (T(i-1) - T(i))}{2} \dots (1)$$

【0010】計算機102は式(1)によって算出された補正時間を式(3)に基づいて自時計に反映させて自計算機の時刻を修正する。

【0011】

【数3】

$$Ts(i) = T(i) + offset \dots (3)$$

【0012】これにより、第 $i$ 回目の時刻同期処理が完了する。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】通常複数の計算機に内蔵される各時計を同期させるためには、ある時刻における各計算機上の時計の時刻を一致させ、かつ各計算機上における時計の時間の進み具合を一致させることが必要となる。この2つの項目が一致することにより、複数の計算機の時計を同期させることができる。ここで、複数の計算機上の時刻を一致させるための手段として基準時刻を保持している計算機の絶対時刻を他の各計算機が取得し自計算機上の時計にその絶対時刻を設定して自計算機の時刻を更新する手段と、正確な時刻を保持している計算機の時計と自計算機の時計の時刻のずれ時間を取得してそのずれ時間を自計算機の時計に対して補正する手段がある。

【0014】この発明が解決しようとする課題は、時刻同期処理において同期すべき計算機が基準時刻に対する補正時間を算出する際、補正時間を算出するための時刻情報を取得する時刻同期パケットの送受信に費やされる時間が、その通信経路の負荷状況によって変動してしまい、時刻同期パケットの受信時刻が本来の時間よりも遅延してしまうことによって、その誤差を多く含んだ時刻を利用して2つの計算機間における時刻のずれ時間を計算してしまうという課題があった。

【0015】この発明は、かかる課題を解決するためになされたものであり、従来例にある時刻同期パケットの送受信時刻の他に、一回の同期処理における時刻要求パケットの送信回数や時刻通知パケットの送信回数を増やしたり、また時刻要求パケットの送信間隔を考慮して時刻のずれを算出することにより、ネットワーク上の負荷により発生する誤差を低減させる時刻同期装置を提供するものである。

【0016】

【課題を解決するための手段】第1の発明の時刻同期装置は、複数の計算機と、前記各計算機に内蔵された時計

【0008】また同様に、時刻同期パケットの送受信処理に費やされた通信経路上の遅延時間を式(2)により算出する。

【0009】

【数2】

と、前記計算機間を相互に接続する通信経路とを備えた計算機システムにおいて、前記時計の時刻を同期させる時刻同期処理において、基準時刻を保持している計算機に対して同期すべき計算機が補助的な時刻情報を送信する手段を備えたものであり、従来例にある時刻同期パケットの送受信時刻の他に、一回の同期処理における時刻要求パケットの送信回数や時刻通知パケットの送信回数を増やしたり、また時刻要求パケットの送信間隔を考慮して時刻のずれを算出することにより、ネットワーク上の負荷により発生する誤差を低減させるものである。

【0017】第2の発明の時刻同期装置は、前記各計算機が内蔵する前記時計の時刻を同期させる時刻同期処理において、前記同期すべき計算機が基準時刻を保持した計算機に対する時刻同期処理を一定時間毎に行う手段と、同期すべき計算機が基準時刻を保持した計算機に対する過去の時刻同期処理の中で前記通信経路の負荷によって発生する時刻誤差が少なかった時刻同期処理において使用した時刻情報を保存する手段と、前記基準時刻を保持した計算機が時刻同期要求を受け付けた時刻を前記同期すべき計算機が補正する手段とを備えたものである。

【0018】第3の発明の時刻同期装置は、前記各計算機が内蔵する前記時計の時刻を同期させる時刻同期処理において、基準時刻を保持している計算機が同期すべき計算機に対して補助的な時刻情報を送信する手段を備えたものである。

【0019】第4の発明の時刻同期装置は、前記各計算機が内蔵する前記時計の時刻が基準時刻を提供する計算機の時刻に同期している状況で、基準時刻を提供する計算機の基準時刻を変更になった場合に、基準時刻と保持した前記計算機が同期すべき計算機に新しい時刻を通知する手段と、新しい時刻を受信した同期すべき計算機が過去の同期処理において算出した通信経路の遅延時間を参考にして自計算機における新しい時刻に対する時刻補正時間を算出する手段とを備えたものである。

【0020】

【発明の実施の形態】実施の形態1. この発明の実施の形態1を、図1、図2及び図3を用いて説明する。図1は、従来例で説明した時刻同期処理を行う計算機システムの構成、図2は、計算機102が計算機101に同期するための第 $i$ 回目における時刻同期手順を時系列に沿って示したものである。図2中の $T(i-3)$ 、 $T(i$

-2)、 $T(i-1)$ 、 $T(i)$ は図8と同じである。 $T'(i-3)$ は第2の時刻要求パケットを送信した計算機102上の時刻、 $T'(i-2)$ は第2の時刻要求パケットを受信した計算機101上の時刻、 $Ts(i)$ は計算機102上で時刻同期処理が完了した時刻を示している。即ち、時刻 $Ts(i)$ において、計算機102と計算機101は同一の時刻を保持している。

【0021】図3は、図2における時刻同期を行うために計算機102と計算機101の間の送受信に用いられる時刻同期パケットのデータ構造を示したものである。本実施の形態では、時刻要求パケットと時刻通知パケットとも図3に示した同じデータ構造を持つ。ヘッダ情報、前回の時刻同期処理時刻、時刻要求パケット送信時刻、時刻通知パケット送信時刻は、図9と同じである。1回目の時刻要求パケット受信時刻は第1回目の時刻要求パケットを受信した計算機101上の時刻 $T(i-2)$ 、2回目の時刻要求パケット受信時刻は第2回目の時刻要求パケットを受信した計算機101上の時刻 $T'(i-2)$ を保持している。

【0022】次に、図2に沿って計算機102の時計を、基準時刻を保持している計算機101に同期させるための手順を示す。計算機102は、時刻 $T(i-3)$ に、前回の時刻同期処理を行った時刻 $Ts$ と、時刻要求パケット送信時刻 $T(i-3)$ を保持した第1回目の時刻

$$roundtripdelay1 = (T(i) - T(i-3)) - (T(i-1) - T(i-2)) \dots (4)$$

【0025】次に、自己が保持していた第2回目の時刻要求パケット送信時刻 $T'(i-3)$ と時刻通知パケットを受信した時刻 $T(i)$ と、受信した時刻通知パケットに格納されている第2回目の時刻要求パケット受信時刻 $T'(i-2)$ と時刻通知パケット送信時刻 $T(i-2)$ を用いて、式(4)から通信経路上の遅延時間 $roundtripdelay1$ を算出する。

$$roundtripdelay2 = (T(i) - T'(i-3)) - (T(i-1) - T'(i-2)) \dots (5)$$

【0027】第1回目の時刻同期処理に費やされた通信経路上の遅延時間は式(2)によって算出されるので、式(3)で算出された $roundtripdelay1$ と式(4)で算出された $roundtripdelay2$ の少ない方が通信経路の負荷による影響が少ない遅延時間と判断される。そこで、遅延時間の少ない方の計算機102の時刻要求パケット送信時刻と計算機101の時刻要求パケット受信時刻と時刻通知パケット送信時刻と計算機102の時刻通知パケット受信時刻を式(1)に適用することによってネットワークの負荷による影響が少ない時刻の補正時間を算出することができ、その補正時間を式(3)に適用することによって、時刻 $Ts(i)$ に計算機102は計算機101と同じ時刻を保持し、第*i*回目の時刻同期処理が完了する。

【0028】本実施の形態では、時刻要求パケットを複数回送信しているため、時刻要求パケットの送信時に発生する遅延時間を抑制できるという効果がある。また通信経路については制約条件がないため、EthernetやFDDIや計算機本体のバックプレーン等の高速な

時刻要求パケットを送信する。計算機101は時刻 $T(i-2)$ にこの第1回目の時刻要求パケットを受信する。計算機102は十分に短い一定時間後の時刻 $T'(i-3)$ に、前回の時刻同期処理を行った時刻 $Ts$ と、時刻要求パケット送信時刻 $T'(i-3)$ を保持した時刻要求パケットを送信する。

【0023】計算機101は、時刻 $T'(i-2)$ にこの第2回目の時刻要求パケットを受信する。計算機101は時刻 $T(i-1)$ に、第1回目の時刻要求パケットを受信した時刻 $T(i-2)$ と第2回目の時刻要求パケットを受信した時刻 $T'(i-2)$ と時刻通知パケットを送信した時刻 $T(i-1)$ を格納した時刻通知パケットを時刻 $T(i-1)$ に送信する。計算機102は、時刻 $T(i)$ に計算機101からの時刻通知パケットを受信する。計算機101は、まず自己が保持していた第1回目の時刻要求パケット送信時刻 $T(i-3)$ 及び時刻通知パケットを受信した時刻 $T(i)$ と、受信した時刻通知パケットに格納されている第1回目の時刻要求パケット受信時刻 $T(i-2)$ と時刻通知パケット送信時刻 $T(i-1)$ とを用いて、式(4)から通信経路上の遅延時間 $roundtripdelay1$ を算出する。

【0024】

【数4】

1)とを用いて、式(5)から遅延時間 $roundtripdelay2$ を算出する。

【0026】

【数5】

伝送経路で接続されている計算機間でも、シリアルケーブルなどのような低速な回線で接続されている計算機間でも同様の効果が期待できる。

【0029】実施の形態2. この発明の実施の形態2を、図4を用いて説明する。図4は、計算機102上で連続する第*i*回目と第*j*回目の時刻同期手順を時系列で示したものである。 $Ia$ は時刻同期処理が行われる時間間隔を示している。各回の時刻同期手順は図2で示した従来例の内容と同一である。

【0030】計算機102と計算機101の通信経路上の位置が固定の場合、この2台の計算機間の時刻同期処理に費やされる遅延時間の変動は通信経路の負荷の影響によるもののみと考えられる。計算機102上の時刻同期処理は、一定時間間隔 $Ia$ で実施されるので、前回の同期処理が時刻 $Ts(i)$ に完了してから、連続した次の時刻同期処理が行われる時刻 $T(j)$ に行われるまでの時間間隔 $Ia$ は式(6)によって表される。

【0031】

【数6】

$$Ia = T(j-3) - Ts(i) \cdots (6)$$

【0032】計算機102は、第*i*回目の時刻同期処理において式(2)に算出された遅延時間とその遅延時間を算出するために用いた $T(i-3)$ 、 $T(i-2)$ 、 $T(i-1)$ 、 $T(i)$ の各時刻情報を保存しておく。時間間隔1*a*後に引き続いて行われる第*j*回目の時刻同期処理において、通常の時刻同期処理手順によって取得した時刻情報を式(2)に適用することによって算出された遅延時間と、保存してある第*i*回目の遅延時間を比較する。もし第*j*回目の遅延時間の方が小さいならば、第*j*回目の時刻同期処理の方が通信経路による影響が小さいと判断し、第*j*回目に取得した各時刻情報を元に式(1)を用いて時刻の補正時間を算出し自時計の時刻補正を行う。同時に第*j*回目の補正時間算出に使用した各時刻データを保存する。

【0033】もし第*j*回目の遅延時刻の方が保存してある第*i*回目の遅延時間よりも大きいならば、第*j*回目の時刻同期処理は通信経路の負荷による影響が大きいと判断して、保存してある第*i*回目の各時刻情報と同期処理が行われる時間間隔1*a*を用いて時刻情報の補正を行う。保存してある第*i*回目の時刻同期処理から、第*i*回

$$offset = (T(i) + Ia - T(j-3)) - (T(j-1) - T(j)) / 2 \cdots (9)$$

【0039】この式(9)で算出された補正時間を式(3)に適用することにより、第*j*回目の時刻同期処理が $Ts(j)$ に完了する。

【0040】本実施の形態では、連続した時刻処理に対して説明したが、保存しておく補正時間を算出するための時刻データは過去の時刻同期処理において算出された遅延時間が最小となる時刻データであってもよい。

【0041】本処理により、従来の時刻同期処理で行われる時刻同期パケットの送受信回数を増やすことなく、時刻要求パケットの送信時に費やされる遅延時間を削減して遅延時間を算出できるという効果がある。

【0042】実施の形態3。この発明の実施の形態3を、図5を用いて説明する。図5は、計算機102が基準時刻を保持した計算機101に同期するための第*i*回目における時刻同期処理の手順を時系列で示したものである。図中の $T(i-3)$ 、 $T(i-2)$ 、 $T(i-1)$ 、 $T(i)$ 、 $Ts(i)$ は、図2における意味と同じである。 $T'(i-1)$ は計算機101が計算機102に対して計算機101上の基準時刻を保持した第1回目の時間通知パケットを送信した時刻、 $T'(i)$ は計算機102が計算機101からの正しい時刻を保持した第1回目の返信パケットを受信した時刻を示している。図5において、計算機102と計算機101の間で送受信される時刻要求パケットと時刻通知パケットは同じデータ構造を持ち、図9で示された従来の時刻同期に用いられる時刻同期パケットとデータ構造が同じである。

$$roundtripdelay4 = (T'(i) - T(i-3)) - (T'(i-1) - T(i-2)) \cdots (10)$$

【0046】第*i*回目の時刻同期処理における通信経路

目までの時刻同期処理までの経過時間は、式(7)によって表される。

【0034】

【数7】

$$delta = T(i) + Ia \cdots (7)$$

【0035】これにより、第*j*回目の時刻同期処理において計算機102が計算機101からの時刻要求パケットを受信した実際の時刻は $T(j-2)$ であるが、式(7)を用いることにより、式(8)で示される $T'(j-2)$ でも代用できる。

【0036】

【数8】

$$T'(j-2) = T(i-2) + delta \cdots (8)$$

【0037】ここで第*i*回目の時刻処理において、計算機102の計算機101に対する時刻のずれを式(1)を用いて計算する際に、時刻通知パケットに格納されている時刻 $T(i-2)$ の代わりに、式(7)で示される時刻 $T'(i-2)$ を用いることにより、式(9)で示される式によって算出する。

【0038】

【数9】

【0043】次に、図5に沿って計算機102の時計を計算機101に同期させるための手順を示す。実施の形態1と同様に、計算機102は時刻 $T(i-3)$ に計算機101に対して時刻要求パケットを送信する。計算機101は、時刻 $T(i-2)$ にその時刻要求パケットを受信する。計算機101は、時刻要求パケットを受信した時刻 $T(i-2)$ と時刻通知パケットを送信した時刻 $T(i-1)$ を格納した第1の時刻通知パケットを時刻 $T(i-1)$ に送信する。計算機102は、時刻 $T(i)$ に計算機101からの第1の時刻通知パケットを受信する。

【0044】次に計算機101は、非常に短い時間後の時刻 $T'(i-1)$ に、時刻要求パケットを受信した時刻 $T(i-2)$ と第2の時刻通知パケットを送信した時刻 $T'(i-1)$ を格納した時刻通知パケットを送信する。計算機102は、時刻 $T'(i)$ に計算機102からの第2の時刻通知パケットを受信する。計算機102は2つの時刻同期パケットを受信後、補正時間を計算する。まず第1の時刻通知パケットからのデータを元に、式(2)を用いて、遅延時間 $roundtripdelay3$ を算出する。次に第2の時刻通知パケットからのデータを元に、式(10)を用いて、遅延時間 $roundtripdelay4$ を算出する。

【0045】

【数10】

の影響による遅延時間は、式(2)、(10)によって

算出されるため、この遅延時間が最も小さい時刻データを式(1)に適用することにより、通信経路の負荷による影響の少ない計算機102の計算機101に対する時刻の補正時間を算出することができる。この補正時間を、式(3)に適用することにより時刻 $T_s(i)$ に計算機102は計算機101に同期する。

【0047】また実施の形態1で示した時刻同期パケットを用いることにより、実施の形態1で示した時刻同期方式と組み合わせることにより、第*i*回目の時刻同期処理において通信経路の影響の少ない補正時間を算出できる。

【0048】本実施の形態では、従来の時刻同期処理に用いられた時刻同期パケットを変更せずに利用することにより、通信経路の負荷による影響の少ない時刻同期処理が実現できるという効果がある。

【0049】実施の形態4. この発明の実施の形態4を、図6及び図7を用いて説明する。図6は、第*m*回目の時刻同期手順と、計算機101上の基準時刻が変更されてから計算機102に対して新しい基準時刻を提供する手順を時系列で示したものである。第*m*回目の時刻同期手順は基準時刻が変更される直前に実施された時刻同期処理であり、その手順は実施例1に示した手順と同じである。 $T(n)$ は計算機101上から新しい基準時刻を保持した時刻通知パケットを送信した時刻、 $T'$

(*n*)は計算機102が計算機101から新しい基準時刻を格納した時刻同期パケットを受信した時刻、 $T_s$

(*n*)は計算機102に新しい基準時刻が設定された時刻を示す。図7は、新基準時刻を保持した時刻通知パケットのデータ構造を示したものである。時刻通知パケット送信時刻は、計算機101が旧基準時刻に基づいた時刻通知パケットを送信した時刻、新基準時刻は、計算機101に新たに設定された基準時刻を示す。

【0050】次に、図6に沿って基準時刻を保持している計算機101の新しい基準時刻を同期すべき計算機102に通知する手順を示す。基準時刻を保持する計算機101は時刻 $T(n-1)$ に新しい時刻 $T_s$ に基準時刻が設定されたとする。計算機101は、新しい基準時刻が設定された時刻 $T(n-1)$ と新基準時刻 $T_s$ を格納した時刻通知パケットを時刻 $T(n-1)$ に計算機102に送信する。計算機102は、計算機102上の時刻 $T(n)$ に時刻通知パケットを受信する。第*m*回目の時刻同期処理において、時刻 $T_s(m)$ に計算機102は計算機101と同期しているので、前回同期してから計算機101上に新しい時刻 $T_s$ が設定されるまでの時間は式(11)で示される。

【0051】

【数11】

$$pass = T(n) - T_s(m) \cdots (11)$$

【0052】第*m*回の時刻同期処理において時刻通知パケットを受信した時刻 $T(m)$ と時刻同期処理において

式(1)算出された時刻補正時間 $offset$ と、時刻同期処理を行う時間間隔 $Ia$ と式(11)から、計算機102が $T'(n)$ に時刻通知パケットを受信した時の補正時間は式(12)で近似できる。

【0053】

【数12】

$$offset' = (offset / Ia) \times pass \cdots (12)$$

【0054】また計算機101から計算機102に時刻同期パケットを送信する際に費やされた遅延時間は、第*m*回目の時刻同期処理において式(2)算出された遅延時間 $roundtripdelay$ から近似できる。よって計算機102が新しい基準時刻 $T_s(n)$ に設定される新しい基準時刻は式(13)によって算出される。

【0055】

【数13】

$$Ts(n) = Ts + offset' + (roundtripdelay / 2) \cdots (13)$$

【0056】本実施の形態では、基準時刻を提供する計算機上の時刻が変更になった場合に、新しい基準時刻の通知に費やされる遅延時間を算出して、新しい時刻補正することより、より精度の高い時刻同期が実現できるといふ効果がある。

【0057】

【発明の効果】この発明は、複数の計算機が内蔵している各時計の時刻を同期させるために計算機間の伝送経路の負荷に依存しない時刻情報(数値)を採用する方式を採るから、従来のように一回の時刻同期処理における時刻情報(数値)を採用する方式に比べて、正確な時刻同期を実現するための補正時間を算出できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明による実施の形態1を示す計算機システム構成図である。

【図2】 実施の形態1による時刻同期処理方式の手順を示す図である。

【図3】 図2の処理で用いられる時刻同期パケットのデータ構造を示す図である。

【図4】 実施の形態2による時刻同期処理方式の手順を示す図である。

【図5】 実施の形態3による時刻同期処理方式の手順を示す図である。

【図6】 実施の形態4による時刻同期処理方式の手順を示す図である。

【図7】 図6における処理で用いられる時刻同期パケットのデータ構造を示す図である。

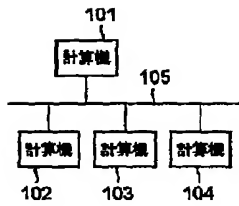
【図8】 従来による時刻同期処理方式の手順を示す図である。

【図9】 従来用いられる時刻同期パケットのデータ構造を示す図である。

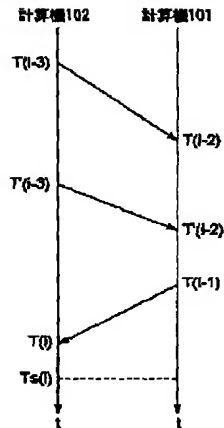
【符号の説明】

101 計算機、102 計算機、103 計算機、104 計算機、105 通信経路。

【図1】



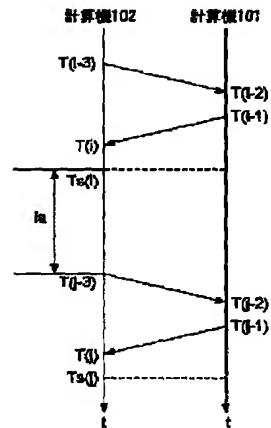
【図2】



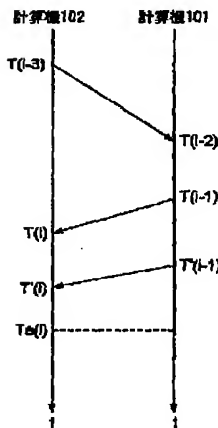
【図3】

ヘッダ情報
前回の時刻同期処理時刻 (Reference Timestamp)
時刻要求/パケット送信時刻 (Originate Timestamp)
1回目の時刻要求/パケット受信時刻 (Receive Timestamp1)
2回目の時刻要求/パケット受信時刻 (Receive Timestamp2)
時刻通知/パケット送信時刻 (Transmit Timestamp)

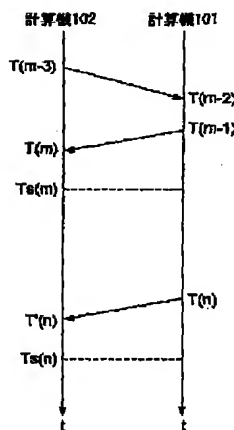
【図4】



【図5】



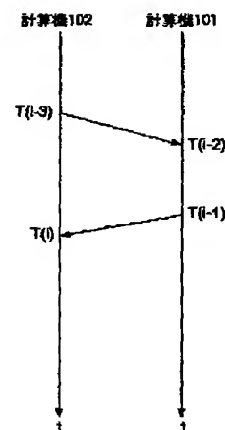
【図6】



【図7】

ヘッダ情報
時刻通知/パケット送信時刻
新基準時刻

【図8】



【図9】

ヘッダ情報
前回の時刻同期時刻 (Reference Timestamp)
時刻要求/パケット送信時刻 (Originate Timestamp)
時刻要求/パケット受信時刻 (Receive Timestamp)
時刻通知/パケット送信時刻 (Transmit Timestamp)